บทความวิจัย

ระบบชาญฉลาดวางแผนเส้นทางอัตโนมัติโดยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมออนไลน์

วรนิตย์ ทองอยู่*
สำนักวิชาศึกษาทั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

กริช สมกันธา และ วิไลพร กุลตังวัฒนา
สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 09–5196–5137 อีเมล: wthongyu@gmail.com DOI: 10.14416/j.kmutnb.2018.09.002
รับเมื่อ 8 ธันวาคม 2560 ตอบรับเมื่อ 19 มีนาคม 2561 เผยแพร่ออนไลน์ 11 กันยายน 2561
© 2018 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้ได้เสนอการประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) เพื่อสร้างเส้นทางอัตโนมัติออนไลน์ โดยจะนำข้อมูลเส้นทางเดินของพนักงานจ่ายพัสดุเพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์และปรับปรุงเส้นทางการนำจ่ายพัสดุของระบบบริการขนส่งแบบด่วนพิเศษในจังหวัดอุดรธานีให้ได้เส้นทางที่ดีที่สุดสั้นที่สุด ประหยัดเวลา และสะดวกสบาย เพื่อให้ทันต่อความต้องการของลูกค้าและการใช้ทรัพยากรที่น้อยที่สุดไม่ว่าจะเป็นด้านเวลาและระยะทางของเส้นทาง เพื่อที่จะใช้บริหารทรัพยากรให้คุ้มค่ามากที่สุดในการเดินทางของพนักงานขนส่งพัสดุในจังหวัดอุดรธานี ซึ่งพนักงานนำจ่ายพัสดุจะทำการกำหนดสถานที่ในการจัดส่งตามจำนวนที่ต้องการ จากนั้นระบบจะทำการประมวลผลเพื่อหาเส้นทางที่ดีที่สุดโดยจะเดินทางไปในทุกจุดที่กำหนดไว้โดยใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม ในการทดสอบประสิทธิภาพของงานวิจัยที่นำเสนอผู้วิจัยได้ทำการทดสอบเปรียบเทียบกับวิธีการค้นหาแบบที่ดีที่สุดกรีดี (Greedy Best First Search) การค้นหาแบบเอ-สตาร์ (A* Search) และการค้นหาโดยพนักงานนำจ่ายพัสดุที่มีความเชี่ยวชาญในการส่งของ ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถจัดการหาเส้นทางที่ดีมากกว่าวิธีการที่นำมาเปรียบเทียบทั้งด้านระยะทางและเวลา และจากการทดสอบความพึงพอใจของผู้ใช้พบว่าระบบที่นำเสนอมีความพึงพอใจของผู้ใช้ในระดับที่ดี ซึ่งจากการทดสอบทั้งหมดพบว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถหาเส้นทางที่เหมาะสมได้อย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสมที่จะเป็นเครื่องมือในการช่วยเหลือพนักงานขนส่งให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

คำสำคัญ: วิธีเชิงพันธุกรรม, วางแผนเส้นทางอัตโนมัติ, ปัญญาประดิษฐ์

การอ้างอิงบทความ: วรนิตย์ ทองอยู่ กริช สมกันธา และ วิไลพร กุลตังวัฒนา, "ระบบชาญฉลาดวางแผนเส้นทางอัตโนมัติโดยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมออนไลน์," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 28, ฉบับที่ 4, หน้า 789–798, ต.ค.–ธ.ค. 2561.

Research Article

Intelligence Online System for Automatic Route Planning by Using Genetic Algorithm

Woranit Thongyu*
Office of General Education, Udon Thani Rajabhat University, Udon Thani, Thailand
Krit Somkantha and Wilaiporn Kultangwattana
Department of Computer Science and Information Technology, Faculty of Science Udon Thani Rajabhat University, Udon Thani, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 09–5196–5137, E–mail: wthongyu@gmail.com DOI: 10.14416/j.kmutnb.2018.09.002
Received 8 December 2017; Accepted 19 March 2018; Published online: 11 September 2018
© 2018 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

This research proposes the application of genetic algorithms to create online automated routes by using the distributer staff's routes to analyze and improve the distribution routes in the transportation system in Udon Thani province in Thailand in order to determine the best and shortest routes, the lowest cost, and the shortest and most convenient period of time in order to serve the customer needs by using minimal resources. The distributor staff will define a delivery destinations according to the number of packages. Then the system's process begins to find the best routes to travel to all of the desired destinations by using a genetic algorithm. The research effectiveness was tested by comparing the algorithm's search with the Greedy Best First Search, the A*search and the manual search by the distributer staff who are experts in delivery. The results revealed that the method proposed can handle the deliveries better than the other methods both in terms of the distance and time. The user satisfaction test result was at the good level. The tests indicated that the proposed method is able to determine the proper route effectively and is a suitable tool for helping the distributor staff to work more efficiently.

Keywords: Genetic Algorithm, Automatic Route Planning, Artificial Intelligence

Please cite this article as: W. Thongyu, K. Somkantha, W. Kultangwattana, "Intelligence online system for automatic route planning by using genetic algorithm," *The Journal of KMUTNB*, vol. 28, no. 4, pp. 789–798, Oct.–Dec. 2018 (in Thai).

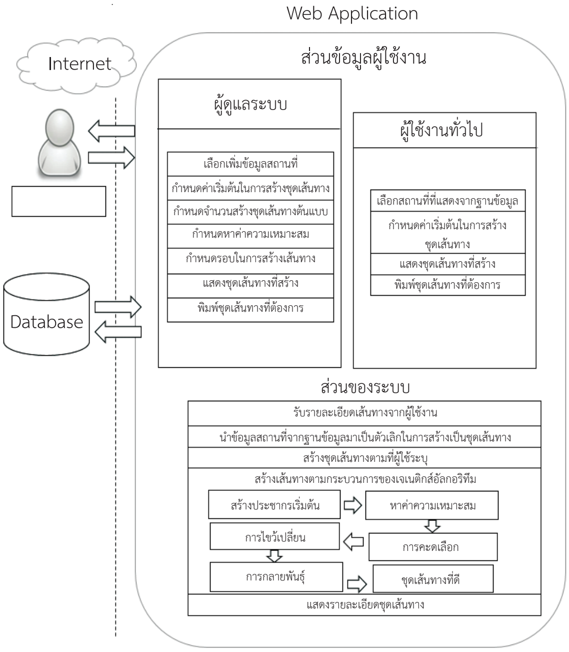
1. บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีมีการพัฒนาเพิ่มมากขึ้น ทำให้ผู้คนสะดวกสบายในการซื้อขายผ่านทางระบบอินเทอร์เน็ต เนื่องจากมีการซื้อขายผ่านทางระบบอินเทอร์เน็ตเพิ่มมากขึ้นก็จะต้องมีการส่งพัสดุไปยัง ผู้รับเพิ่มสูงขึ้นตามมาด้วย และธุรกิจรับส่งพัสดุยังมีแนวโน้มสูงขึ้นในอนาคตอีกด้วย ดังนั้นการขนส่งพัสดุของบริษัทขนส่งมีความสำคัญและน่าสนใจอย่างมาก ในการขนส่งพัสดุของระบบบริการแบบด่วนพิเศษ มีรูปแบบปัญหาการนำจ่ายพัสดุเป็นแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Travelling Salesman Problems) [1]–[6] การขนส่งจะต้องส่งพัสดุถึงผู้รับภายใน 1–2 วัน ซึ่งจะทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ในหลายๆ ครั้งก็จะพบปัญหาการส่งพัสดุใช้เวลาเกินกว่าที่กำหนดไว้ ทำให้ผู้รับพัสดุเกิดความไม่พอใจ เนื่องจากได้รับพัสดุช้าเกินกว่าที่กำหนดจึงอาจจะทำให้บริษัทขนส่งเสียลูกค้าได้

ในปัจจุบันเทคโนโลยีทางปัญญาประดิษฐ์ได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของมนุษย์มากขึ้น และยังช่วยงานในหลายๆ ด้านทำให้มีความสะดวกในการจัดการงานต่างๆ อย่างมีประสิทธิภาพ ดังเช่นงานวิจัยที่แก้ปัญหาการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมที่ใกล้เคียงกับงานวิจัยที่นำเสนอ [7]–[12] โดยแต่ละวิธีก็จะใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม แต่อย่างไรก็ตามงานวิจัยต่างๆ เหล่านี้ยังเป็นงานวิจัยที่ทำการทดลองขึ้นยังมิได้นำไปประยุกต์ใช้กับภาคสนามจริงๆ และถึงแม้จะใช้เทคนิคเดียวกันแต่กระบวนการย่อยหรือค่าความเหมาะสมก็จะแตกต่างกันส่งผลทำให้ผลลัพธ์ที่ได้แตกต่างกัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงเสนอวิธีการในการวางแผนเส้นทางโดยอัตโนมัติออนไลน์ในจังหวัดอุดรธานีโดยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม ซึ่งจะทำให้ได้โปรแกรมที่ชาญฉลาดในการวางแผนเส้นทางเพื่อให้ผู้ส่งพัสดุสามารถจัดส่งพัสดุได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ทั้งในเรื่องระยะทางและเวลา เป็นต้น โดยจะพยามทำให้คอมพิวเตอร์ประมวลผลได้ดีอย่างมีประสิทธิภาพเหมือนมนุษย์ผู้ที่มีประสบการณ์ที่คิดได้ ซึ่งเมื่อทำการประมวลผลโดยคอมพิวเตอร์จะได้เร็วกว่ามนุษย์ ทำให้ได้เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพ

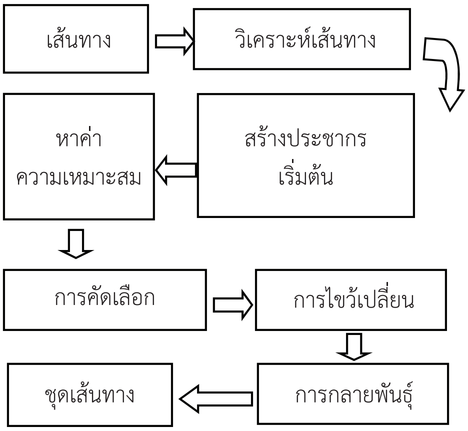
2. วิธีดำเนินการ

วิธีการดำเนินการสร้างระบบจะแบ่งออกเป็นส่วนสำคัญ



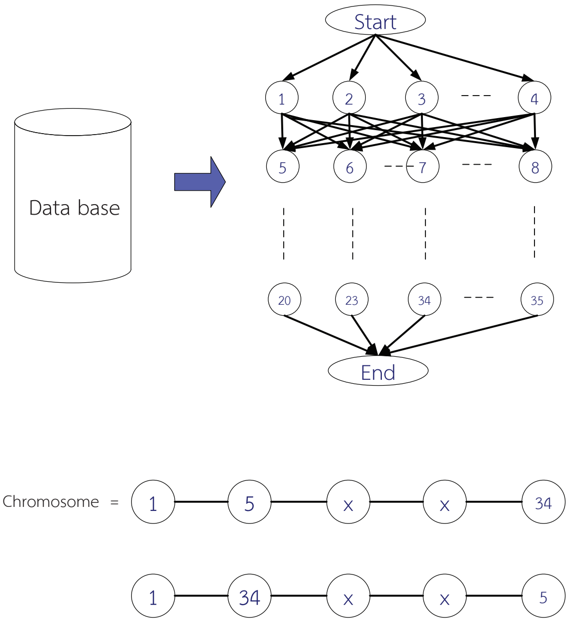
รูปที่ 1 ภาพรวมระบบ

กระบวนการสร้างเส้นทางตามกระบวนการขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม



รูปที่ 2 กระบวนการสร้างเส้นทาง

3 ส่วน คือส่วนของผู้ดูแลระบบ ส่วนของระบบ และส่วนของผู้ใช้ โดยแต่ละส่วนมีความสัมพันธ์กับส่วนย่อยดังแสดงรูปภาพรวมระบบในรูปที่ 1 และกระบวนการสร้างเส้นทางในรูปที่ 2



รูปที่ 3 การเดินทางไปในแต่ละสถานที่ในแต่ละโครโมโซม

หลักการทำงานนั้นเริ่มต้นจะเป็นการสุ่มยีนแต่ละตัวออกมาเป็นโครโมโซมเริ่มต้นในแต่ละรุ่น ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 3 และจะทำการตรวจสอบค่าคุณภาพของโครโมโซมแต่ละตัวและทำการคัดเลือกตัวที่เหมาะสมออกมาโดยใช้ค่าความเหมาะสม และทำให้เกิดการกลายพันธุ์และการไขว้เปลี่ยนของโครโมโซมในโครโมโซมที่ได้เลือกออกมาโดยจะเป็นการสุ่มหลังจากที่เสร็จเรียบร้อยแล้วก็จะนำพันธุกรรมที่ได้ไปวนเข้ากระบวนการเดิมต่อไปเพื่อให้ได้โครโมโซมที่มีคุณภาพที่ดีที่สุดออกมา

เส้นทางที่จะถูกสร้างชุดเส้นทางนั้นจะต้องมีการเพิ่มหมุดลงในแผนที่ เพื่อจะนำมาใช้ในกระบวนการขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม ซึ่งจำนวนหมุดบนแผนที่ที่จะเดินทางไปคือจำนวนโครโมโซมในแต่ละโครโมโซมที่จะนำไปเข้าสู่การดำเนินการทางพันธุกรรมต่อไป ในการวางแผนการเดินทางในงานวิจัยนี้มีหลักการเดียวกันกับปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Travelling Salesman Problems) ซึ่งก็คือจำนวนสถานที่ต้องการจะไป ให้หาวิธีการไปให้ครบทุกสถานที่โดยใช้ทรัพยากรน้อยที่สุดนั่นเอง

2.1 วิธีเชิงพันธุกรรมในการสร้างเส้นทาง

ขั้นตอนการทำงานของวิธีเชิงพันธุกรรม

ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม [13], [14] (Genetic Algorithm; GA) เป็นเทคนิคทางปัญญาประดิษฐ์อย่างหนึ่งที่ใช้ในการค้นหา การเพิ่มประสิทธิภาพ และการเรียนรู้ด้วยการเลียนแบบทฤษฎีการวิวัฒนาการทางธรรมชาติเป็นกระบวนการค้นหาที่ไม่มีความเฉพาะเจาะจงกับแบบจำลองหรือลักษณะเฉพาะของข้อมูล โดยจะมีขั้นตอนการทำงานหลักๆ ดังนี้

- สร้างประชากรโครโมโซมรุ่นเก่า ตามรูปแบบโครโมโซมที่กำหนดไว้ โดยประชากรเริ่มต้น (Initial Population) เกิดจากการสร้างชุดโครโมโซมต้นกำเนิดด้วยการสุ่มสร้างค่าแต่ละบิตของแต่ละโครโมโซม
- วิเคราะห์ค่าความเหมาะสมแต่ละโครโมโซม โดยถอดรหัสค่าตัวแปร พารามิเตอร์ต่างๆ ของแต่ละบิตในโคโมโซม และคำนวณค่าความเหมาะสมจากฟังก์ชันความเหมาะสมที่กำหนด
- สร้างชุดโครโมโซมต้นแบบหรือชุดโครโมโซมพ่อแม่ที่สามารถอยู่รอดเป็นต้นแบบ ซึ่งอาศัยการจำลองการคัดเลือกทางธรรมชาติ โดยพิจารณาน้ำหนักจากค่าความเหมาะสมของแต่ละโครโมโซม หากโครโมโซมใดมีค่าความเหมาะสมที่เข้าใกล้จำนวนเต็มมากก็จะมีโอกาสถูกคัดเลือกให้เป็นโครโมโซมต้นแบบมาก
- ดำเนินการโดยจับคู่โครโมโซมต้นแบบใน ชุดโครโมโซมเพื่อสร้างประชากรในโครโมโซมรุ่นใหม่ ซึ่งตัวดำเนินการทางพันธุศาสตร์ประกอบด้วย ครอสโอเวอร์ โดยแลกเปลี่ยนค่ายีนบางส่วนของโครโมโซมซึ่งกันและกัน หรือมิวเตชันโดยการสุ่มเปลี่ยนค่ายีนบางยีนของแต่ละโครโมโซม เป็นต้น โดยหลักการของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม เป็นการเลียนแบบกระบวนการวิวัฒนาการตามธรรมชาติ เพื่อพัฒนาหรือทำการ “วิวัฒนาการ” คำตอบที่ดีที่สุดในการแก้ปัญหาดังตัวอย่างฟังก์ชันของวิธีเชิงพันธุกรรม

```
Function()
{ t = 0;
    populationSize P(t);
    Evolves P(t);
```

```
        For {t  =  t +1; P(t) = Selectparents ; P(t-1);
        Crossover P'(t); Mutate P'(t);
        Evaluate P'(t);
        P''(t) := P'(t);
        }
}
```

populationSize P(t) คือ กระบวนการสร้างประชากรต้นแบบที่เกิดจากการเพิ่มหมุดในแผนที่ Evolves P(t) คือ กระบวนการหาค่าความเหมาะสมของแต่ละประชากร Selectparents P(t-1) คือ กระบวนการคัดเลือกรุ่นพ่อแม่เพื่อนำไปดำเนินการทางพันธุศาสตร์ Crossover P'(t) คือ การสลับสายพันธุ์ Mutate P'(t) คือ กระบวนการกลายพันธุ์ ซึ่งจะเป็นการทำซ้ำไปจนกว่าจะได้ค่าที่เหมาะสมที่สุด

2.2 การสลับสายพันธุ์และการกลายพันธุ์

การสลับสายพันธุ์คือการแลกเปลี่ยนโครโมโซมพ่อ-แม่ เพื่อให้ได้โครโมโซมรุ่นใหม่ดังตัวอย่างการสลับสายพันธุ์ในรูปที่ 4

การกลายพันธุ์คือ การเอาจุดสถานที่จากชุดโครโมโซมเส้นใหม่มาแทนสถานที่เก่า หลังจากสลับสายพันธุ์ เพื่ออาจจะทำให้ค่าความเหมาะสมของประชากรสูงขึ้น ดังตัวอย่างการกลายพันธุ์ในรูปที่ 5

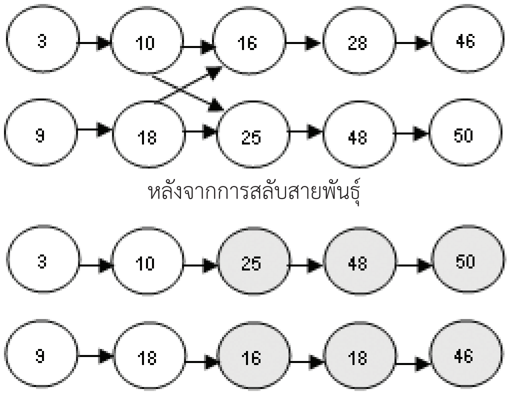
2.3 การประเมินหาค่าความเหมาะสม

คือเกณฑ์ในการตัดว่าเส้นทางนั้นมีคุณภาพหรือไม่ สามารถคำนวณหาค่าความเหมาะสมจากสมการแต่ละค่าคำตอบของปัญหาที่ผ่านการถอดรหัส จะถูกประเมินค่าความเหมาะสมสำหรับปัญหาแบบการหาค่าที่ดีที่สุดกระบวนการขั้นตอนเชิงพันธุกรรมอัลกอริทึมจะหาค่าที่มีความเหมาะสมที่ดีกว่า ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ

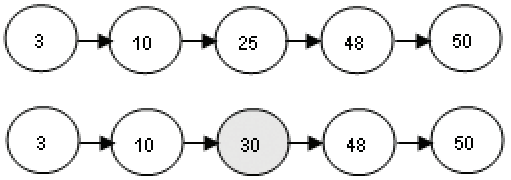
$$fitnessChromosome = \frac{\sum_{i=0}^{n} fitness(node\,i)}{n} \quad (1)$$

$$fitness\,node(\mathrm{i}) = \left(\frac{1}{td} + \frac{1}{tr}\right) / 2 \quad (2)$$

n คือ จำนวน Node ในโครโมโซม



รูปที่ 4 การสลับสายพันธุ์



รูปที่ 5 การกลายพันธุ์

td คือ ผลรวมระยะทางแต่ละโครโมโซม

tr คือ ดัชนีของการจราจรได้มาจาก Google Map

ค่าดัชนีของการจราจรที่ได้จาก Google Map จะมี 3 ระดับ คือ ติดมาก ปานกลาง และไม่ติด ซึ่งจะมีค่าเป็น 1, 0.5 และ 0.1 ตามลำดับ

จากสมการผลรวมของทุกโหนดหรือทุกสถานที่ ถ้าค่าของผลรวมนั้นออกมาเข้าใกล้กับจำนวนเต็มบวก ก็แสดงว่าค่าความเหมาะสมนั้นดีซึ่งก็จะทำให้ระยะเวลาดีขึ้นตามมาด้วย เช่น หาค่ารอบแรกได้ 0.3 รอบที่สองได้ 0.5 และรอบที่สามได้ 0.7 ค่าความเหมาะสมจะคัดเลือกตัวเลขที่เข้าใกล้จำนวนเต็ม คือ 0.7 เป็นค่าความเหมาะสมที่ดีในการหาค่าความเหมาะสมในรอบนี้

2.4 การคัดเลือก

เป็นกระบวนการคัดเลือกสตริงพ่อ-แม่พันธุ์ (Parent String) สำหรับใช้ในกระบวนการสร้างสตริงลูก (Offspring) สตริงที่มีความเหมาะสมที่สูงกว่าจะมีโอกาสที่จะถูกเลือกเป็นสตริงพ่อแม่พันธุ์มากกว่าสตริงที่มีความเหมาะสมต่ำกว่า

โดยอาศัยวิธีการสุ่มคัดเลือกภายใต้หลักความน่าจะเป็นที่สิ่งที่ดีกว่าจะมีโอกาสถูกเลือกมากกว่า ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้วิธีวงล้อรูเล็ต (Roulette Wheel) เป็นต้น [15] ซึ่งในแต่ละครั้งของการหมุนวงล้อก็จะได้โครโมโซมที่จะเป็นต้นกำเนิดสายพันธุ์มาหนึ่งตัว การสุ่มตัวเลขเพื่อคัดเลือกโครโมโซมจะดำเนินการไปจนกระทั่งได้ต้นกำเนิดสายพันธุ์เท่ากับจำนวนที่ต้องการ ดังนั้นสำหรับการคัดเลือกต้นกำเนิดสายพันธุ์จำนวน N โครโมโซม จะต้องทำการหมุนวงล้อรูเล็ตทั้งหมด N ครั้ง เราจะเห็นได้ชัดเจนว่าโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมที่สูงจะมีโอกาสถูกคัดเลือกมากกว่าโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมที่ต่ำกว่าซึ่งเป็นปรากฏการณ์ปกติในธรรมชาติทั่วๆ ไป

3. ผลการทดสอบ

จากการพัฒนาระบบชาญฉลาดอัตโนมัติวางแผนเส้นทางอัตโนมัติโดยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมออนไลน์ ผู้ใช้งานหรือผู้ประกอบการจะได้ชุดเส้นทางเดินที่มีคุณภาพ เนื่องจากชุดเส้นทางที่ได้มานั้นผ่านกระบวนการทำงานของวิธีการที่นำเสนอและในส่วนของเว็บไซต์ [16] สามารถเพิ่มข้อมูลสถานที่ได้ตามความต้องการของผู้ใช้งานเมื่อถึงกระบวนการสร้างเส้นทางและในการทดลองวิธีเชิงพันธุกรรมนั้น ใช้ Sublime Text 3 และใช้ความสามารถของ Google Map ในการรันโปรแกรมประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ Intel(R) Core(TM) i7-4500U CPU @ 1.80GHz RAM 4.00 GB ภายใต้ระบบปฏิบัติการ Window 8.1 Pro

ในงานวิจัยได้กำหนดค่าประชากรเริ่มต้นการทำงานไว้ที่ 50 และค่าความน่าจะเป็นของการข้ามสายพันธุ์เท่ากับ 0.5 ความน่าจะเป็นของการผ่าเหล่าเท่ากับ 0.1 ซึ่งผลการทดสอบแรกจะเป็นการทดสอบจำนวนรอบที่เหมาะสม ดังผลลัพธ์ในตารางที่ 1

จากผลการทดสอบในตารางที่ 1 จะแสดงผลลัพธ์ค่าเฉลี่ยของจำนวนรอบที่ดีที่สุดจำนวน 10 ครั้ง และแสดงผลลัพธ์ความเหมาะสมเฉลี่ยจำนวน 10 ครั้ง ซึ่งจะพบว่าจำนวนรอบที่เหมาะสมจะผันแปรไปตามจำนวนเส้นทางที่เพิ่มขึ้น ถ้าจำนวนสถานที่ต้องการเดินทางน้อยจำนวนรอบที่เหมาะสมที่จะหาเส้นทางที่ดีที่สุดก็จะน้อย แต่ถ้าจำนวนสถานที่ต้องการเดินทางมากจำนวนรอบที่เหมาะสมก็จะเพิ่มขึ้น ในส่วนของโปรแกรมในการเลือกตำแหน่งที่ไปได้สามารถทำการค้นหาในแต่ละครั้งในสูงสุด 30 สถานที่ ดังนั้นในโปรแกรมก็จะกำหนดว่าถ้าจำนวนสถานที่ที่ต้องการไปน้อยกว่า 10 จำนวนรอบที่เหมาะสมจะกำหนดให้เป็น 40 รอบ ถ้าน้อยกว่า 20 ให้กำหนดเป็น 80 และถ้ามากกว่า 20 สถานที่ถึง 30 ให้กำหนดจำนวนรอบเป็น 100 เพื่อเป็นการไม่ให้เสียเวลาในการคำนวณมากนักเพราะเป็นการประมวลผลออนไลน์ซึ่ง

ตารางที่ 1 ผลการหาจำนวนรอบที่เหมาะสมในแต่ละปัญหา

จำนวนโหนด	จำนวนรอบที่ดีที่สุด (เฉลี่ย)	ความเหมาะสม (เฉลี่ย)
5	34	0.97
10	39	0.96
15	65	0.96
20	70	0.95
25	95	0.95
30	101	0.95

ในลำดับถัดไปได้มีการทดสอบประสิทธิภาพของวิธีการที่นำเสนอกับวิธีการการค้นหาที่ดีที่สุดกรีดี วิธีการค้นหาแบบเอ-สตาร์ [17]–[19] และเปรียบเทียบโดยการใช้พนักงานขนส่งที่มีความเชี่ยวชาญ โดยเปลี่ยนแปลงจำนวนสถานที่ในแต่ละจุด โดยผลลัพธ์จะแสดงเป็นระยะทางที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งในที่นี้ระยะทางที่สั้นที่สุดจะเป็นระยะทางที่ดีที่สุดนั่นเองในการเดินทางไปยังสถานที่ต่างๆ ในงานวิจัยจะใช้รถยนต์เพื่อทดสอบ ซึ่งได้ผลลัพธการเปรียบเทียบระยะทางแสดงในตารางที่ 2

จากการทดสอบในการเปลี่ยนแปลงจำนวนสถานที่ที่ต้องการจะไปหรือโหนดพบว่าค่าเฉลี่ยของการเดินทางไปยังทุกๆ สถานที่ตามจำนวนโหนดของมนุษย์จะได้ระยะทางที่มากที่สุด ตามด้วยวิธีการของกรีดี และเอ-สตาร์ ตามลำดับ โดยวิธีการที่นำเสนอจะสามารถได้ระยะทางที่สั้นที่สุดในทุกวิธีการ

ตารางที่ 2 ผลลัพธ์การเปรียบเทียบระยะทาง

Number of Node	Distant (Km)			
	Human	Greedy Best First Search	A*	The Proposed Method
20	68.21	69.76	65.76	54.65
18	65.87	70.32	64.65	52.54
16	62.44	58.76	59.71	53.75
14	57.76	55.74	55.73	49.53
12	57.43	54.76	51.34	48.76
10	54.45	56.87	50.24	44.53
9	42.27	45.76	40.24	36.12
8	41.92	40.56	39.76	34.54
7	38.33	35.76	37.22	33.55
6	44.58	43.76	42.76	39.12
5	40.21	39.54	38.76	31.32
5	38.54	35.12	33.98	29.43
Average	51.00	50.56	48.35	42.32

ในการทดสอบประสิทธิภาพลำดับถัดไปจะเป็นการวัดประสิทธิภาพเชิงเวลาในการเดินทางซึ่งได้ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลลัพธ์การเปรียบเทียบเวลา

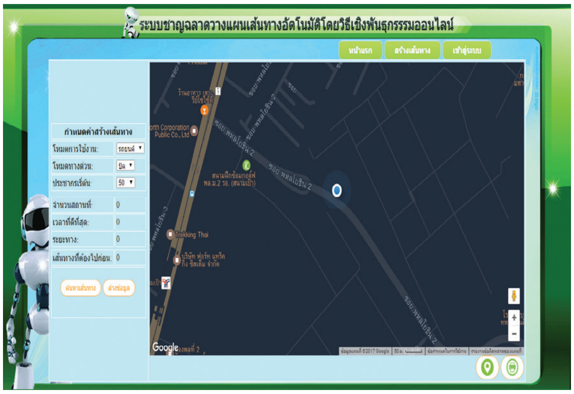
Number of Node	Time(Minute)			
	Human	Greedy Best First Search	A*	The Proposed Method
20	145	141	135	123
18	145	144	135	121
16	130	131	133	119
14	124	115	112	108
12	121	108	107	101
10	110	98	96	91
9	98	89	87	79
8	97	87	86	77
7	87	88	87	79
6	86	83	84	76
5	76	72	71	65
5	71	69	67	61
Average	107.50	102.08	100.0	91.67

จากการทดสอบด้านเวลาวิธีการที่นำเสนอยังมีประสิทธิภาพเชิงเวลาดีที่สุดคือจะใช้เวลาในการเดินทางน้อยที่สุดส่งผลทำให้มีความประหยัดคุ้มค่าที่สุดในการเดินทาง

ลำดับถัดไปเป็นการทดสอบประสิทธิภาพของระบบโดยนำไปทดลองกับกลุ่มผู้ใช้ และกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 20 ท่าน เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบว่ามีความตรงตามความต้องการและพึ่งพอใจในระบบงานในระดับใด และประเมินความถูกต้องของระบบงานการประเมินประสิทธิภาพของระบบชาญฉลาดวางแผนเส้นทางอัตโนมัติโดยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมออนไลน์ ผู้ใช้ได้ตอบแบบประเมินประสิทธิภาพของระบบ มีรายละเอียดการประเมิน และสามารถสรุปผลการประเมิน ดังตารางที่ 4

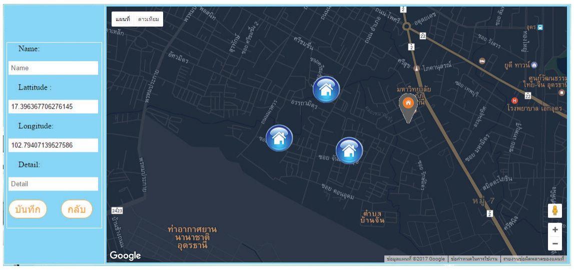
ตารางที่ 4 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบจากผู้ใช้งานระบบ

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D	แปลผล
1. ความสามารถในการจัดการข้อมูลสถานที่	4.87	0.09	ดี
2. ความสามารถในการวิเคราะห์เส้นทางในการหาค่าความเหมาะสม	4.53	0.08	ดี
3. ระยะเวลาในการวิเคราะห์เส้นทาง	4.55	0.08	ดี
4. ความสามารถในการสร้างเส้นทางในการกำหนดรายละเอียดในการสร้างเส้นทาง	4.87	0.09	ดี
5. ระยะเวลาในการสร้างเส้นทาง	3.56	0.07	ปานกลาง
6. ความสามารถในการใช้งานเว็บไซต์พร้อมกันหลายผู้ใช้ในเวลาเดียวกัน	3.82	0.08	ปานกลาง
7. ความสามารถในการแนะนำเมื่อผู้ช่วยมีปัญหา	4.76	0.09	ดี
8. ความง่ายต่อการใช้งานของระบบ	3.76	0.06	ปานกลาง
9. ความปลอดภัยในการป้องกันข้อมูลส่วนตัว	4.87	0.09	ดี



รูปที่ 6 หน้าจอสร้างเส้นทางผู้ใช้งานทั่วไป

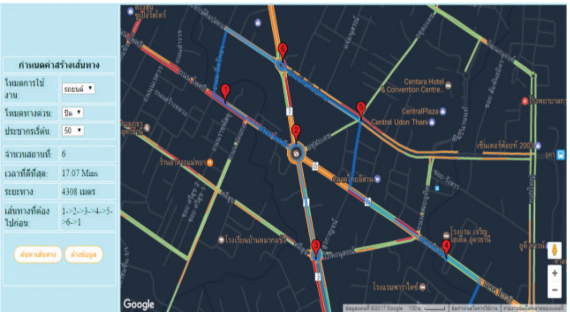
รูปที่ 7 หน้าจอจัดการข้อมูลสถานที่



รูปที่ 8 หน้าจอเพิ่มข้อมูลสถานที่

จากการประเมินประสิทธิภาพของระบบในส่วนของผู้ดูแลระบบอยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 4.13, S.D = 0.081) ผลการประเมินระบบด้านความเหมาะสมของระบบงาน จากผู้ดูแลระบบและจากสมาชิก มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับที่ดี ตัวอย่างโปรแกรมแสดงตัวอย่างดังรูปที่ 6–10 จากโปรแกรมที่ได้จัดทำขึ้นจะประโยชน์สำหรับผู้ใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ

รูปที่ 9 หน้าจอแก้ไขสถานที่



รูปที่ 10 ผลลัพธ์การสร้างเส้นทาง

4. สรุป

งานวิจัยนี้เสนอขั้นตอนวิธีการวางแผนเส้นทางอัตโนมัติออนไลน์ โดยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม ซึ่งได้ชุดเส้นทางที่เหมาะสม โดยมีการคำนวณค่าความเหมาะสมซึ่งได้มาจากระยะทางรวม และค่าจำแนกของการจราจรติดขัด ซึ่งในการทดสอบประสิทธิภาพได้มีการทดสอบกับวิธีการค้นหาแบบกรีดีและวิธีการค้นหาแบบเอ-สตาร์ รวมถึงทดสอบกับบุคคลจริงๆ ซึ่งจากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถค้นหาเส้นทางที่ดีที่สุดได้ทั้งในเรื่องของระยะทางและเวลา โดยวิธีการลำดับถัดไปคือวิธีการค้นหาแบบเอ-สตาร์

วิธีการค้นหาแบบกรีดี และการค้นหาโดยใช้มนุษย์ ตามลำดับ และการทดสอบระบบสารสนเทศของระบบจากการนำไปทดสอบความพึงพอใจซึ่งประสิทธิภาพที่ได้จะมีคุณภาพดี ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการในการขนส่งพัสดุ และสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และในงานวิจัยลำดับถัดไปจะพัฒนาให้เป็นแอปพลิเคชันบนมือถือเพื่อสะดวกในการใช้งาน

เอกสารอ้างอิง

[1] N. Rungrodchatchaval, I. Sriswang, and W. Kongkaew, "Application of the vehicle routing problem for solid waste collection: A case study of prince of Songkla university," *Operation Research*, vol. 4, pp. 18–31, 2016.

[2] M. Baker and M. A. Ayechew, "A genetic algorithm for the vehicle routing problem," *Computers & Operations Research*, vol. 5, pp. 787–800, 2003.

[3] K. C. Tan, L. H. Lee, and K. Ou, "Artificial intelligence heuristics in solving vehicle routing problems with time window constraints," *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 14, pp. 825–837, 2001.

[4] V. Cerny, "Thermodynamical approach to the traveling salesman problem: An efficient simulation algorithm," *Journal of Optimization Theory and Applications*, vol. 45, pp. 41–55, 1985.

[5] J. A. A. Van der Veen, "Solvable cases of the traveling salesman problem with various objective function," Ph.D. thesis, University of Groningen, Groningen, 1992.

[6] D. S. Johnson and L. A. McGeoch, "The traveling salesman problem: A case study in local optimization," Local search in combinatorial optimization, 1997.

[7] M. L. Fredman, D. S. Johnson, L. A. McGeoch, and G. Ostheimer, "Data structures for traveling salesmen," *Journal of Algorithms*, vol. 18, no. 3, pp. 432–479, 1995.

[8] J. Carlier and P. Villon, "A new heuristic for the traveling salesman problem," *Recherche Operationelle/Operations Researc*h, vol. 24, no. 3, pp. 245–253, 1999.

[9] G. A. CROES, "A method for solving traveling salesman problems," *Operations Research*, vol. 6, no. 6, pp. 791–812, 1958.

[10] S. Singh and E.A. Lodhi, "Study of variation in TSP using genetic algorithm and its operator comparison," *International Journal of Soft Computing and Engineering*, vol. 3, no. 2, pp. 264–267, 2013.

[11] S. Han, "The normality analysis of test score," presented at the International Conference on Control, Automation and Systems Engineering (CASE), Singapore, Singapore, Jul. 30–31, 2011.

[12] Y. Yi and Q. Fang, "The improved hybrid genetic algorithm for solving TSP based on Handel-C," presented at the 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering, Chengdu, China, Aug. 20–22, 2010.

[13] Z. Wang, H. Duan, and X. Zhang, "An improved greedy genetic algorithm for solving travelling salesman problem," presented at the Fifth International Conference on Natural Computation, Tianjin, China, Aug. 14–16, 2009.

[14] D. E. Goldberg, "Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning." Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company, Inc. 1989.

[15] J. H. Holland, "Genetic algorithm and the Optimal Allocation of Trials," *SIAM Journal of Computing*, vol. 2, no. 2, pp. 88–105, 1973.

[16] D. Xiaoyu and L. Yunhao, "Research and implementation of Web-Online english testing system," in *Proceedings Fourth International Symposium on Information Science and Engineering*, 2010, pp. 430–433.

[17] S. Ghoshray and K. K. Yen, "More efficient genetic algorithm for solving optimization problems," in *Proceedings IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics. Intelligent Systems for the 21st Century*, vol. 5, pp. 4515–4520, 1995.

[18] B. Bonet and H. Geffner, "Planning as heuristic search," *Artificial Intelligence*, vol. 129, pp. 5–33, 2001.

[19] M. Jose, "A heuristic for the traveling salesman problem based on a continuous approximation," Transportation Research Part B33, pp.123–152, 1999.